

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 NOV. 2000

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30  
<http://www.inpi.fr>

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE LIEU <b>23 NOV 1999</b> <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>23 NOV 1999</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  CABINET PLASSERAUD 84, RUE D'AMSTERDAM 75440 PARIS CEDEX 09	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) <b>MF/EMA-BFF990239</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date ____/____/____ N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  PROCÉDE ET DISPOSITIF DE CONTRÔLE EN TEMPS REEL DE L'ÉPAISSEUR D'UNE COUCHE D'UN CIRCUIT INTÉGRÉ.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		M H S	
Prénoms			
Forme juridique		SOCIÉTÉ ANONYME	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	ROUTE DE GACHET LA CHANTRERIE	
	Code postal et ville	44300 NANTES	
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANÇAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE <b>23 NOV 1999</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>9914723</b>		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>			<b>MF/EMA-BFF990239</b>		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société <b>CABINET PLASSERAUD</b>					
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse		Rue	84, RUE D'AMSTERDAM		
		Code postal et ville	75440	PARIS CEDEX 09	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 44 63 41 11			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 42 80 01 59			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée					
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>					
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)					
Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Paiement échelonné de la redevance Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non					
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>					
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):					
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) <b>CABINET PLASSERAUD</b> <b>Michel FRECHEDE (CPI 92-1093)</b>				<b>VISA DE LA PRÉFECTURE DU DE L'INPI</b>	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

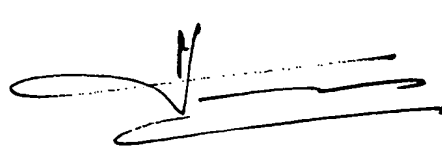
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1/1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>V s références pour ce dossier</b> (facultatif)		MF/EMA-BFF990239	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		9914723	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>			
PROCÉDE ET DISPOSITIF DE CONTRÔLE EN TEMPS REEL DE L'ÉPAISSEUR D'UNE COUCHE D'UN CIRCUIT INTÉGRÉ.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
M H S			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		CHARPENTIER	
<b>Prénoms</b>		ALAIN	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	6, AVENUE DE FREMEUR	
	<b>Code postal et ville</b>	44000	NANTES
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		BOCQUENE	
<b>Prénoms</b>		DOMINIQUE	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	2, RUE DES CARRIÈRES	
	<b>Code postal et ville</b>	44470	CARQUEFOU
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		Le 23.11.1999 CABINET PLASSERAUD Michel FRECHEDE (CPI N°92-1093) 	

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE CONTRÔLE EN TEMPS RÉEL DE  
L'ÉPAISSEUR D'UNE COUCHE D'UN CIRCUIT INTÉGRÉ

L'invention est relative à un procédé et à un  
5 dispositif de contrôle en temps réel de l'épaisseur d'une  
couche de circuit intégré, au cours d'un processus de  
gravure.

Lors de la fabrication de circuits intégrés, il  
peut apparaître opportun de mesurer l'épaisseur d'une  
10 couche de ce circuit intégré déposée au cours d'étapes  
antérieures de mise en œuvre de ce processus de  
fabrication.

C'est notamment le cas lors de la fabrication de  
cellules mémoires de type EPROM, la technologie mise en  
15 œuvre imposant, de fait, la réalisation d'un empilement  
d'isolation entre deux couches conductrices désignées par  
grille de commande et grille flottante (*control gate* et  
*floating gate* en langage anglo-saxon) respectivement.

L'empilement réalisé, plus communément appelé ONO,  
20 pour Oxyde, Nitride, Oxyde, est constitué par une couche  
d'oxyde de silicium,  $\text{SiO}_2$ , d'une couche de nitrure de  
silicium,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , et d'une seconde couche d'oxyde de  
silicium, cet empilement étant pris en sandwich entre  
l'électrode flottante et l'électrode de grille. L'ensemble  
25 de la structure comprenant l'empilement précité déposé sur  
un substrat de silicium par exemple de type P, est isolé  
par l'intermédiaire d'une couche d'oxyde de silicium ainsi  
que représenté en figures 1a et 1b selon une vue en coupe  
suivant la largeur, respectivement la longueur du canal.

30 La structure et l'empilement ainsi réalisés  
constituent une partie du cœur de la cellule mémoire EPROM

et permettent, notamment, la programmation par injection de charges électriques dans la première couche conductrice, la grille flottante, et la mémorisation de l'état de programmation ainsi réalisée par tenue, dans le temps, de la charge injectée.

L'épaisseur de la seconde couche d'oxyde de silicium, comprise entre la couche de nitrure de silicium  $\text{Si}_3\text{N}_4$  et la grille de commande peut varier entre 20 et 50 Angströms,  $1 \text{ \AA} = 10^{-10}\text{m}$ , selon les technologies utilisées. Cette couche peut être réalisée par oxydation thermique classique ou par dépôt, quelle qu'en soit la nature.

Le contrôle de la qualité et de l'épaisseur de cette deuxième couche d'oxyde sont toutefois critiques car ils contribuent directement au premier ordre à garantir le non-vieillissement de la cellule mémoire réalisée, le non-vieillissement s'entendant de l'absence de perte de charges électriques après programmation. Pour une description plus détaillée de la corrélation existant entre le phénomène de vieillissement de ce type de cellule mémoire EPROM et l'épaisseur de silicium, on pourra utilement se reporter aux articles intitulés :

- *Threshold Voltage Instability and Charge Retention in Non-volatile Memory Cell with Nitride/Oxide/Nitride double-layered Inter-poly Dielectric*, publié par Seiichi Mori et al. 1991/IEEE/IRPS ;
- *Bottom-ox scaling for thin Nitride/oxide interpoly dielectric*, publié par Seiichi Mori et al. IEEE Transactions on Electronic Devices, Vol.39, N°2, Feb.1992 ;

- *Thickness Scaling Limitations Factors of ONO Interpoly Dielectrics*, Seiichi Mori et al. IEEE Transactions on Electronic Devices, Vol.43, N°12, Jan.1996.

Actuellement, lors de la mise en œuvre des  
5 processus de fabrication des cellules mémoires EPROM, le  
contrôle, nécessaire, de cette épaisseur est généralement  
effectué de manière déportée, via un témoin de silicium  
distinct sur un équipement de mesure approprié, c'est-à-  
dire en dehors du processus de fabrication effectué sur  
10 les plaques de production.

Ainsi, la technique de mesure précitée peut, outre la  
perte de temps de mise en œuvre inhérente à une mesure en  
temps différé, présenter un problème majeur de fiabilité,  
car les cinétiques d'oxydation sur silicium et sur nitrure  
15 de silicium peuvent être très différentes. Ainsi, pour une  
même épaisseur d'oxyde de silicium réalisée sur un témoin  
de silicium, l'épaisseur correspondante d'oxyde de  
silicium peut varier d'un facteur 1 à 1/3, sur plaque de  
production.

20 En outre, la réalisation de cette couche d'oxyde de  
silicium nécessite d'utiliser un équipement de mesure  
performant permettant d'effectuer la mesure de cette  
couche sur ce témoin.

La présente invention a pour objet de remédier aux  
25 inconvénients précités de l'art antérieur par suppression  
de la mise en œuvre d'un témoin de dépôt d'oxyde de  
silicium et par mise en œuvre en temps réel d'un procédé  
de mesure de l'épaisseur d'une couche d'un circuit intégré  
au cours du processus de fabrication, notamment de  
30 gravure, de ce circuit intégré.



Le procédé de mesure en temps réel de l'épaisseur d'une couche d'un circuit intégré, cette couche, dite couche à mesurer, étant déposée sur une couche sous-jacente, est mis en œuvre au cours d'une opération de gravure du substrat de ce circuit intégré incorporant ces couches.

Il est remarquable en ce qu'il consiste à suivre l'avancement du front de gravure de chaque couche du circuit intégré, par l'intermédiaire d'un tracé en temps réel du spectre d'émission optique du produit de la réaction de gravure sur au moins une composante spectrale de la couche sous-jacente, à établir, en fonction du temps, une distribution de l'amplitude de l'émission optique du produit de la réaction de gravure, et à déterminer, sur cette distribution, la transition de l'émission optique lors du passage du front de gravure de la couche à mesurer à la couche sous-jacente. L'épaisseur de la couche à mesurer est calculée à partir de cette distribution et de la transition, par corrélation à cette transition sur cette distribution.

Le procédé objet de la présente invention peut être appliqué à la mesure de l'épaisseur de couches de circuits intégrés déposées sur une couche sous-jacente de tout type, mais apparaît plus particulièrement adapté à la mesure de l'épaisseur de la deuxième couche d'oxyde de silicium déposée sur une couche sous-jacente de nitrure de silicium telles que celles qui sont mises en œuvre dans les cellules EPROM à l'échelle industrielle.

Il sera mieux compris à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans

lesquels, outre les figures 1a et 1b relatives à l'art antérieur :

5       - la figure 2 représente, à titre purement illustratif, un organigramme des étapes de mise en œuvre du procédé objet de la présente invention ;

10       - la figure 3 représente un diagramme de distribution temporelle de l'amplitude d'émission optique du produit de gravure pour une composante spectrale de la couche sous-jacente à la couche à mesurer constituée par du nitrure de silicium ;

15       - la figure 4 représente une loi d'étalonnage de l'épaisseur effective de la couche à mesurer en fonction du temps de gravure entre le début de la gravure et la transition d'amplitude de distribution, lorsque la couche à mesurer est de l'oxyde de silicium et la couche sous-jacente du nitrure de silicium ;

20       - la figure 5 représente le schéma d'une installation permettant la mise en œuvre du procédé objet de la présente invention.

25       D'une manière générale, on indique que le procédé de mesure en temps réel de l'épaisseur d'une couche d'un circuit intégré peut être appliqué à la mesure de couches de toute nature au cours de la gravure d'un circuit intégré de type quelconque.

30       Ainsi, le circuit intégré ou le substrat support de ce dernier est placé dans un réacteur tel qu'un réacteur de type diode, l'excitation électromagnétique étant une excitation radiofréquence ou micro-onde, dans lequel une atmosphère de gravure appropriée a été créée. Le procédé objet de l'invention peut être mis en œuvre à partir de tout équipement de gravure de type monoplaque

contrôlé par un microprocesseur moyennant une adaptation matérielle, laquelle sera décrite ultérieurement dans la description.

5        Différentes indications relatives à une mise en œuvre spécifique du procédé objet de la présente invention pour déterminer l'épaisseur de la deuxième couche d'oxyde  $\text{SiO}_2$  d'une cellule mémoire de type EPROM seront toutefois données afin d'illustrer une mise en œuvre particulière non limitative du procédé précité.

10        En référence à la figure 2, on indique que le circuit intégré ou le substrat support de celui-ci comporte une couche à mesurer et une couche sous-jacente, ce circuit intégré, à l'étape A, étant placé dans le réacteur de gravure précédemment mentionné.

15        En référence à la figure 2 précitée, le procédé objet de l'invention consiste, en une étape B, à suivre l'avancement du front de gravure de chaque couche de circuit intégré par l'intermédiaire d'un tracé en temps réel du spectre d'émission optique du produit de la  
20        réaction de gravure sur au moins une composante spectrale de la couche sous-jacente précitée. De manière plus spécifique, on indique que le front de gravure est constitué par la rencontre de l'atmosphère de gravure créée dans le réacteur, cette atmosphère de gravure étant  
25        l'atmosphère créée au cours du processus de gravure proprement dit dans les conditions de gravure précitées, avec la couche soumise au processus de gravure proprement dit. Le produit de la réaction de gravure consiste essentiellement en l'atmosphère de gravure, laquelle est  
30        sensiblement modifiée au cours de la rencontre successive

des couches par le front de gravure précédemment mentionné.

Selon un aspect remarquable du procédé objet de la présente invention, la composante spectrale de la couche sous-jacente est déterminée par une longueur d'onde  $\lambda = \lambda_0$  caractéristique de la couche sous-jacente précitée. Ainsi, l'émission optique du produit de la réaction de gravure pour la composante spectrale, c'est-à-dire la longueur d'onde précitée, permet de vérifier l'avancement du front de gravure dans la succession des couches rencontrées par ce dernier, ainsi qu'il sera décrit ci-après.

En ce qui concerne le spectre d'émission optique du produit de la réaction de gravure, on indique que celui-ci est établi pour l'amplitude de l'émission optique du produit de la réaction de gravure pour la composante spectrale précitée, c'est-à-dire la longueur d'onde  $\lambda = \lambda_0$ .

Dans ces conditions, l'étape B précitée est alors suivie d'une étape C consistant à établir en fonction du temps une distribution, notée D, de l'amplitude de l'émission optique du produit de la réaction de gravure précitée, cette distribution étant notée  $D = I(t)$ .

Conformément à un aspect remarquable du procédé objet de la présente invention, celui-ci consiste ensuite, en une étape D, à déterminer, sur la distribution D précitée, la transition de l'amplitude de l'émission optique lors du passage du front de gravure de la couche à mesurer à la couche sous-jacente. Cette détermination permet ainsi de mesurer une valeur de temps à partir d'une origine de gravure, cette valeur de temps constituant une mesure de la durée pour l'atteinte par le front de gravure de la couche sous-jacente précitée. La transition T est

définie à partir d'éléments numériques tenant compte notamment du front de montée de la transition notée T.

L'étape D est alors suivie d'une étape notée E, consistant à calculer, à partir de la distribution D et de la transition T, l'épaisseur de la couche à mesurer par  
5 corrélation à la position temporelle de cette transition sur la distribution D précitée.

Alors que la composante spectrale de la couche sous-jacente est une longueur d'onde  $\lambda_0$  d'émission  
10 remarquable caractéristique de la couche sous-jacente précitée, on indique que lorsque la couche à mesurer est constituée par la deuxième couche d'oxyde de silicium et que la couche sous-jacente est constituée par une couche d'arrêt en nitrure de silicium telles que celles  
15 introduites dans les cellules mémoires EPROM précédemment mentionnées, la composante spectrale de la couche sous-jacente est la raie du nitrure de silicium à 405 nm.

Une description plus détaillée de la mise en œuvre des étapes C, D et E de mise en œuvre du procédé telles  
20 que décrites en liaison avec la figure 2 sera maintenant donnée en liaison avec les figures 3 et 4 dans l'exemple non limitatif de la mesure de l'épaisseur de la deuxième couche d'oxyde de silicium précitée.

Dans une telle situation, le procédé objet de la présente invention est mis en œuvre au cours de la  
25 réalisation de cellules EPROM, lesquelles nécessitent un nombre important d'étapes de fabrication, les étapes essentielles nécessaires étant simplement rappelées à titre illustratif en liaison avec les figures 1a et 1b.

30 Pour obtenir une cellule EPROM telle que représentée aux figures précitées, outre les étapes

nécessaires de préparation du substrat de silicium, il faut en outre successivement effectuer :

- a) la réalisation de la première couche d'oxyde de silicium ;
- 5 b) la réalisation de la couche d'arrêt de nitrure de silicium  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ;
- c) la réalisation de la deuxième couche d'oxyde de silicium ;
- d) l'étalement d'une résine photosensible ;
- 10 e) l'exposition par l'intermédiaire d'une machine photolithographique d'un réticule définissant les zones dans lesquelles l'on réalise l'empilement des couches de premier oxyde de silicium, de nitrure de silicium et de deuxième couche d'oxyde de silicium,
- 15 conformément aux figures 1a et 1b précitées ;
- f) le développement de la résine photosensible ;
- g) la gravure dans un réacteur à plasma de l'empilement résiduel inutile, afin d'assurer la fonctionnalité de la cellule dans la configuration représentée en
- 20 figures 1a et 1b.

Dans le cadre du processus de fabrication précité, le procédé objet de la présente invention consistant à contrôler l'épaisseur de la deuxième couche d'oxyde de silicium réalisée à l'étape c) est mis en œuvre au cours

25 de l'étape e) précédemment mentionnée.

En ce qui concerne l'étape B de suivi de l'avancement du front de gravure du procédé objet de l'invention, cette étape est réalisée par la détection de la longueur d'onde caractéristique  $\lambda_0 = 405 \text{ nm}$  du nitrure de silicium et la mesure de l'amplitude d'émission optique

30 du produit de gravure. On comprend en particulier que les

valeurs de l'amplitude d'émission optique peuvent être mémorisées afin d'assurer le suivi de l'avancement du front de gravure précité.

5 A l'étape C, on dispose, après la mise en œuvre de l'étape B, d'un ensemble de valeurs, lesquelles sont représentées en figure 3, ces valeurs constituant des valeurs d'amplitude d'émission optique en fonction du temps  $I(t)$  du produit de gravure.

10 Sur la figure 3, on a représenté une amplitude relative d'émission optique au cours de la gravure d'un substrat support d'une cellule mémoire EPROM pour une plaque n°1 et respectivement pour une plaque n°2 servant de plaque témoin. L'axe des ordonnées est gradué en valeurs d'amplitude relative et l'axe des abscisses en  
15 temps en secondes. La distribution  $D = I(t)$  représentant le tracé de l'émission optique en fonction du temps est alors une courbe de type "courbe en cloche". L'amplitude de l'émission augmente lors de l'apparition de la couche de nitrure, la deuxième couche d'oxyde, couche à mesurer,  
20 étant alors gravée, pour disparaître ensuite, lors de l'arrivée du front de gravure sur la première couche d'oxyde.

A l'étape C, on dispose ainsi d'une distribution temporelle de l'amplitude d'émission optique du produit de gravure, la distribution  $D = I(t)$ .  
25

En ce qui concerne l'étape D consistant à déterminer sur la distribution la position temporelle de la transition T de l'amplitude d'émission lors du passage du front de gravure de la couche à mesurer à la couche  
30 sous-jacente, on indique que cette détermination peut avantageusement être réalisée par mise en évidence d'une

augmentation significative du niveau de l'amplitude d'émission en raison de ce passage.

En référence à la figure 3 précitée, on indique que pour la distribution considérée, le niveau d'amplitude d'émission optique en début de gravure, c'est-à-dire lors du processus de gravure de la couche correspondant à la grille de commande, correspond à une amplitude sensiblement constante de l'émission optique en raison de la discrimination réalisée par la longueur d'onde  $\lambda_0$  caractéristique de la couche sous-jacente  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

L'augmentation significative peut alors, à titre d'exemple non limitatif, être prise égale à une augmentation de 50% de la valeur de l'amplitude d'émission optique lors de la gravure de la grille de commande, cette amplitude à l'origine constituant sensiblement une amplitude de référence pour la distribution D considérée.

On comprend ainsi qu'alors que l'amplitude de l'émission optique pour la grille de commande et pour la deuxième couche d'oxyde  $\text{SiO}_2$  est sensiblement constante, la rencontre par le flanc de gravure de la couche sous-jacente  $\text{Si}_3\text{N}_4$  provoque une augmentation brusque de l'amplitude d'émission en raison d'une émission optique importante dès la rencontre par le front de gravure de la couche sous-jacente précitée.

Ainsi, il est possible sur la distribution D précédemment mentionnée de définir un temps de gravure d'origine, noté  $t_0$ , et un temps  $t_1$  pour lequel la couche sous-jacente précitée est réputée atteinte lors de l'atteinte par l'amplitude de l'émission optique de l'augmentation de 50% précédemment mentionnée.



L'étape D peut alors être suivie de l'étape E, laquelle consiste, à partir de la distribution D et de la transition T repérée par les instants  $t_0$  et  $t_1$ , à calculer l'épaisseur de la couche à mesurer, c'est-à-dire de la  
5 deuxième couche d'oxyde, par corrélation entre la durée séparant le début de la gravure à l'instant  $t_0$  et l'atteinte de la couche sous-jacente à l'instant  $t_1$ .

Selon un aspect remarquable du procédé objet de la présente invention, on indique qu'en raison de la vitesse  
10 de gravure sensiblement constante de progression du front de gravure au travers des diverses couches rencontrées par ce dernier, la corrélation entre l'épaisseur de la couche à mesurer, notée  $e$ , à la position de la transition T sur la distribution D, peut avantageusement être conduite à  
15 partir d'une combinaison linéaire reliant le temps de gravure, c'est-à-dire la durée  $t_1 - t_0$ , et l'épaisseur calculée,  $e$ , de la couche à mesurer. On comprend en effet que du fait de la discrimination de la longueur d'onde  $\lambda_0$  associée à la couche sous-jacente, l'avènement de la  
20 transition T est suffisamment bref pour que, pour une vitesse de gravure sensiblement constante préalablement à cette transition, l'épaisseur effective de la couche à mesurer vérifie la combinaison linéaire précitée.

Bien entendu, les paramètres de la combinaison  
25 linéaire précédemment mentionnée peuvent être déterminés par étalonnage en fonction de la nature respective de la couche à mesurer et de la couche sous-jacente.

Un exemple de mise en œuvre du calcul de l'épaisseur effective de la couche à mesurer lorsque cette  
30 couche est la deuxième couche d'oxyde de silicium

précédemment mentionnée d'une cellule mémoire EPROM sera maintenant donné en liaison avec la figure 4.

En référence à la figure précitée, on indique que pour des conditions de gravure spécifiques, l'épaisseur effective de la deuxième couche d'oxyde de silicium  
5 vérifie la relation  $e = a.\theta + \beta$ .

Dans la relation précédente, on indique que  $\theta$  désigne la durée  $t_1 - t_0$  précédemment mentionnée,  $a$  représente une valeur de pente de la combinaison linéaire précitée,  
10  $a = 1,16$ , et  $\beta$  représente l'ordonnée à l'origine sensiblement égale à  $\beta = 5,16$ . Les valeurs d'épaisseur effective obtenues sont données en nm pour une durée  $\theta$  exprimée en secondes.

En ce qui concerne la mise en œuvre du procédé  
15 objet de la présente invention, on indique que celle-ci peut être effectuée grâce à l'installation représentée en figure 5.

Alors que le réacteur R contient le substrat S soumis au processus de gravure par plasma, représenté par  
20 le champ électrique E, le réacteur R précité peut avantageusement être muni d'une fenêtre F en quartz permettant d'observer le produit de gravure au moyen d'un monochromateur M dont la longueur d'onde est centrée sur la valeur  $\lambda_0$  précédemment mentionnée dans la description.  
25 Le monochromateur M peut alors être avantageusement relié à un micro-ordinateur MO permettant d'assurer la gestion des données de mesure d'amplitude d'émission optique du produit de gravure délivrée par le monochromateur M.

Le micro-ordinateur MO peut avantageusement  
30 comporter un logiciel d'acquisition des paramètres de la

distribution D, en particulier la valeur de la durée  $\theta$  précédemment mentionnée, cette acquisition étant bien entendu effectuée pendant le processus de gravure.

Enfin, un logiciel de calcul dans lequel peuvent  
5 être introduits des paramètres permettant de caractériser la couche à mesurer, la couche sous-jacente et la longueur d'onde associée à cette dernière permet, à partir d'une base de données spécifique, de déterminer les paramètres de la combinaison linéaire  $\alpha$  et  $\beta$  et bien entendu de  
10 calculer directement l'épaisseur effective de la couche à mesurer.

On a ainsi décrit un procédé et une installation de mesure en temps réel de l'épaisseur d'une couche d'un circuit intégré particulièrement performants par le fait  
15 que la mesure de l'épaisseur de l'oxyde est effectuée au cours du processus de gravure du circuit intégré, c'est-à-dire en l'absence d'opérations déportées susceptibles de rallonger le processus de fabrication proprement dit, le procédé objet de la présente invention étant pour cette  
20 raison qualifié de procédé de mesure en temps réel. Ainsi, la mesure effective de l'épaisseur d'une couche à mesurer est effectuée lors du passage dans le réacteur de gravure directement sur la plaquette de production pour chaque substrat traité.

### REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure en temps réel de l'épaisseur d'une couche d'un circuit intégré, cette couche à mesurer étant déposée sur une couche sous-jacente, ce procédé  
5 étant conduit au cours d'une opération de gravure du substrat de ce circuit intégré incorporant ces couches, caractérisé en ce qu'il consiste :

- à suivre l'avancement du front de gravure de chaque couche de circuit intégré, par l'intermédiaire d'un  
10 tracé en temps réel du spectre d'émission optique du produit de la réaction de gravure sur au moins une composante spectrale de ladite couche sous-jacente ;
- à établir, en fonction du temps, une distribution de l'amplitude de l'émission optique du produit de la  
15 réaction de gravure ;
- à déterminer, sur cette distribution, la transition de l'amplitude de l'émission optique lors du passage du front de gravure, ladite couche à mesurer à ladite couche sous-jacente ;
- 20 - à calculer, à partir de ladite distribution et de ladite transition, l'épaisseur de ladite couche à mesurer, par corrélation à cette transition sur cette distribution.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé  
25 en ce que ladite composante spectrale de ladite couche sous-jacente est une longueur d'onde d'émission remarquable caractéristique de ladite couche sous-jacente.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la couche à mesurer étant constituée  
30 par la deuxième couche d'oxyde de silicium et la couche sous-jacente étant constituée par une couche d'arrêt en

nitruure de silicium, ladite composante spectrale de ladite couche sous-jacente est la raie SiN à 405 nm.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite corrélation, sur cette  
5 distribution, à la transition de l'amplitude d'émission optique est proportionnelle au temps de gravure séparant l'amplitude de l'émission optique en début de gravure, constituant une amplitude de référence, d'une augmentation de 50% de cette amplitude de référence sur ladite  
10 distribution.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le calcul de ladite épaisseur de ladite couche à mesurer est effectué à partir d'une combinaison linéaire reliant ledit temps de gravure et l'épaisseur calculée de  
15 la couche à mesurer.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'étape consistant à suivre l'avancement du front de gravure est effectuée au moyen d'un monochromateur.

20 7. Dispositif de mesure en temps réel de l'épaisseur d'une couche d'un circuit intégré, cette couche à mesurer étant déposée sur une couche sous-jacente, caractérisé en ce qu'il comporte au moins en combinaison :

- 25 - un réacteur de gravure d'un substrat de circuit intégré, ce réacteur étant muni d'une fenêtre optique F permettant l'observation optique du produit de gravure ;
- 30 - un monochromateur dont la longueur d'onde est centrée sur une valeur caractéristique de la couche sous-

jacente permettant de délivrer des valeurs d'amplitude d'émission optique du produit de gravure ;

- des moyens de calcul de la position temporelle durée de l'atteinte de la couche sous-jacente par le front de gravure et de l'épaisseur effective de la couche à mesurer par combinaison linéaire reliant cette épaisseur à la durée de l'atteinte de la couche sous-jacente par le front de gravure.

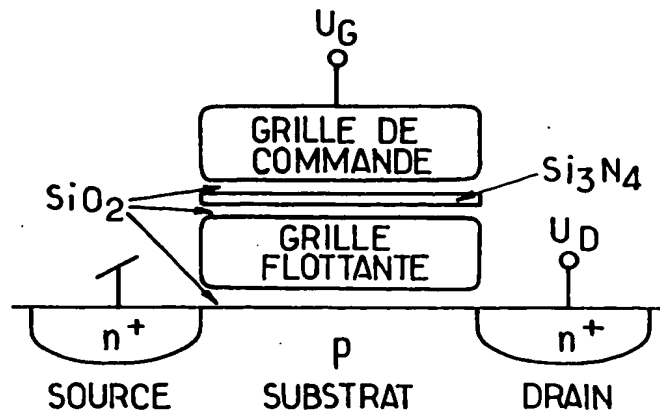


FIG.1a. (ART ANTERIEUR)  
COUPE SELON LARGEUR DU CANAL

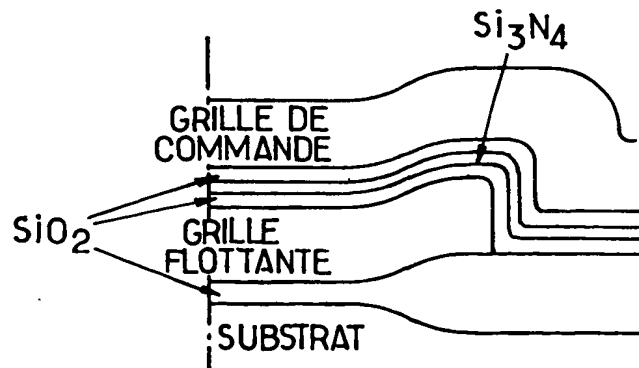


FIG.1b. (ART ANTERIEUR)  
1/2 COUPE SELON LONGUEUR DU CANAL

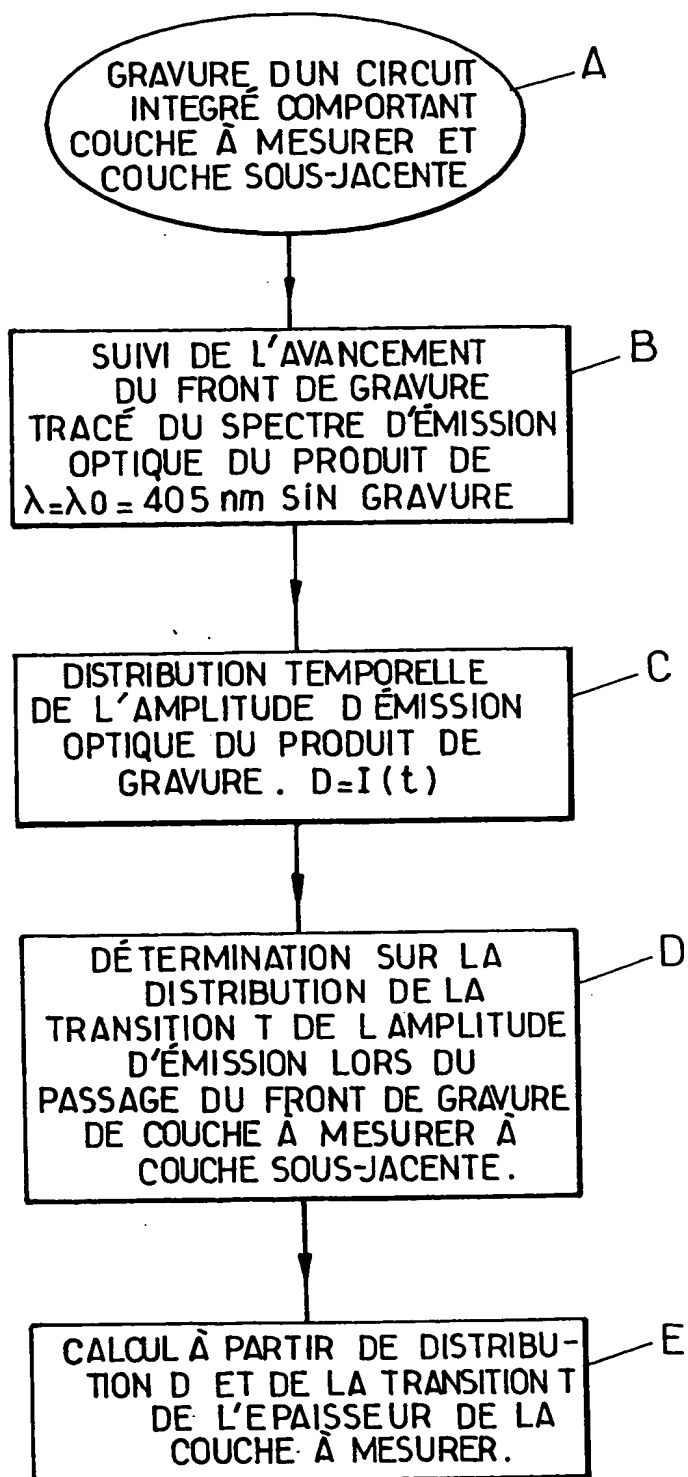


FIG.2.



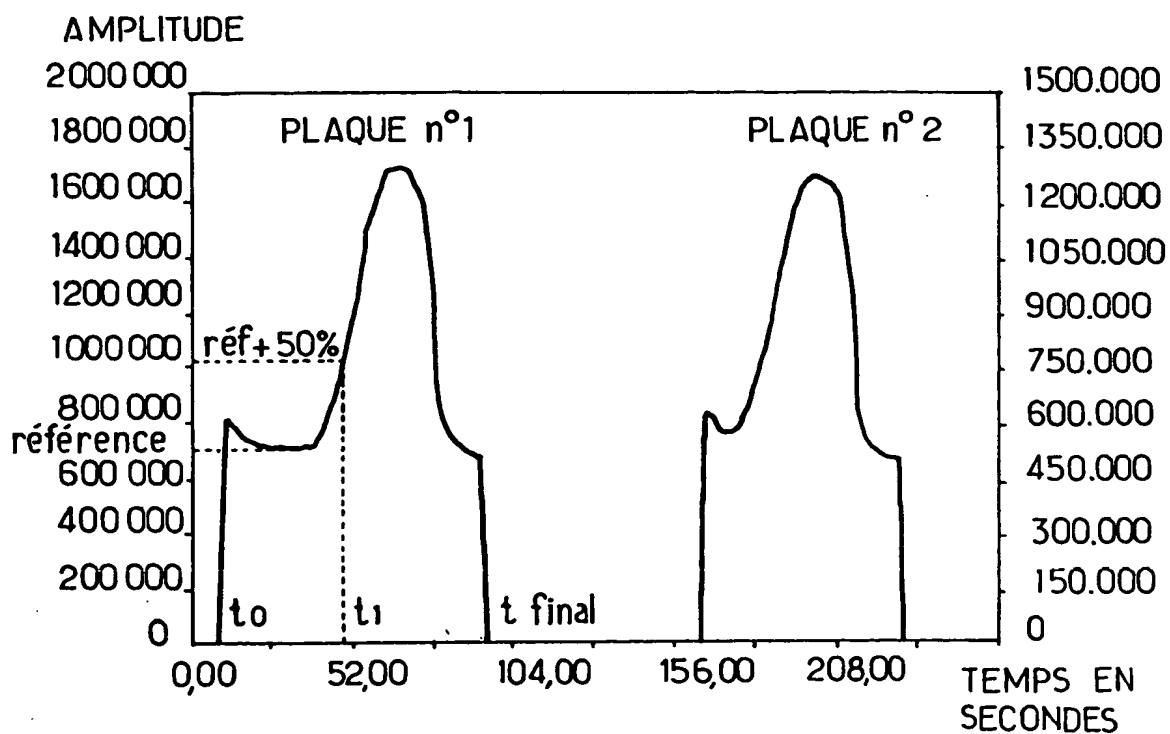
DISTRIBUTION  $D=I(t)$ 

FIG.3.

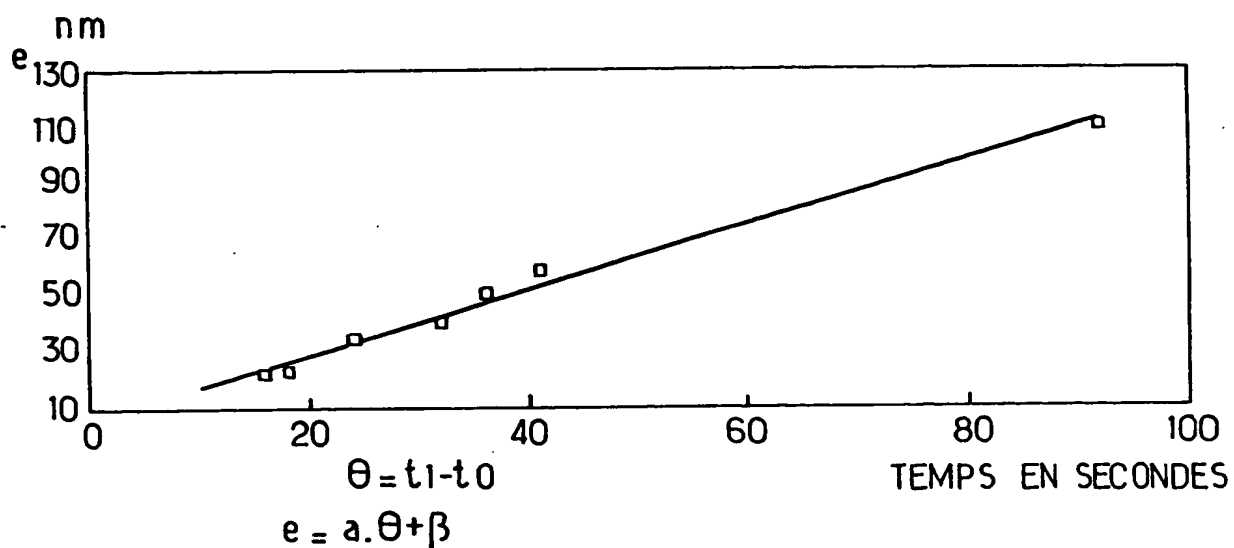


FIG.4.

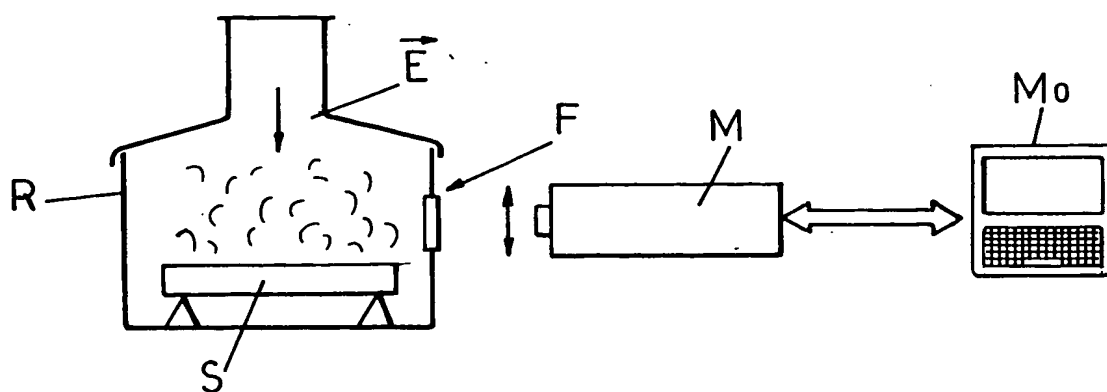


FIG. 5.